

**Patent number:** DE4330996

**Publication date:** 1995-03-16

**Inventor:** LEUFEN HEINRICH DIPL ING (DE); SCHUBERT  
PETER DIPL ING (DE)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)

**Classification:**

- international: *H02M3/158; H03K17/16; H03K17/687; H02M3/04;  
H03K17/16; H03K17/687; (IPC1-7): H02M7/537;  
H03K17/16; H03K17/687*

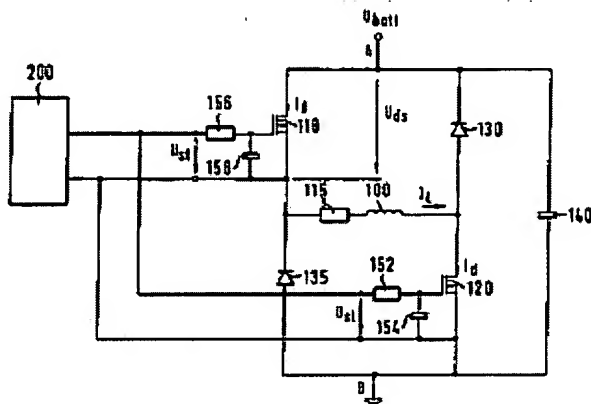
- european: H02M3/158; H03K17/16B2B; H03K17/687B

**Application number:** DE19934330996 19930913

**Priority number(s):** DE19934330996 19930913

## Abstract of DE4330996

A switching means, particularly a field-effect transistor, is connected in series with the load. A drive voltage is applied to the switching means by a drive means. First means (152, 156) for setting the current slope and the voltage slope and second means (154, 158) for setting the current slope are provided.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 30 996 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 03 K 17/16**  
H 03 K 17/687  
// H 02M 7/537

②1 Aktenzeichen: P 43 30 996.8  
②2 Anmeldetag: 13. 9. 93  
④3 Offenlegungstag: 16. 3. 95

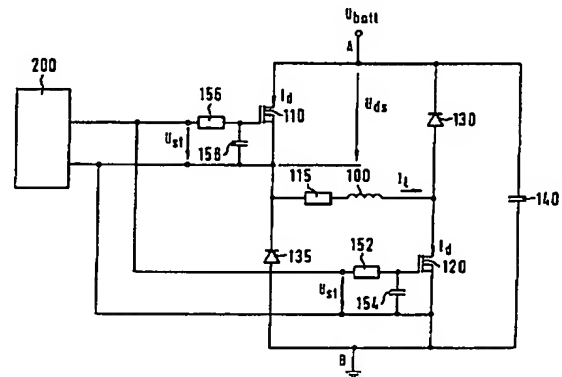
DE 43 30 996 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Leufen, Heinrich, Dipl.-Ing., 71706 Markgröningen,  
DE; Schubert, Peter, Dipl.-Ing., 71701  
Schwieberdingen, DE

⑤4 Steuereinrichtung für einen elektrischen, insbesondere einen induktiven Verbraucher

⑤7 Es wird eine Steuereinrichtung für einen elektrischen, insbesondere einen induktiven Verbraucher beschrieben. In Reihe zum Verbraucher ist ein Schaltmittel, insbesondere einem Feldeffekttransistor geschaltet. Ein Ansteuermittel beaufschlagt das Schaltmittel mit einer Ansteuerspannung. Es sind erste Mittel (152, 156) zur Einstellung der Stromsteilheit und der Spannungsteilheit und zweite Mittel (154, 158) zur Einstellung der Stromsteilheit vorgesehen.



DE 43 30 996 A 1

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Steuereinrichtung für einen elektrischen, insbesondere einen induktiven Verbraucher gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Eine solche Steuereinrichtung für einen elektrischen, insbesondere einen induktiven Verbraucher ist aus der EP-OS 038 624 bekannt. Dort ist eine solche Steuereinrichtung für einen elektrischen Verbraucher beschrieben. Der dort beschriebene Verbraucher wird im Rahmen einer H-Voll-Brücken-Schaltung als Leistungsendstufe für eine induktive Last z. B. einen Gleichstrommotor oder ein Magnetventil eingesetzt.

Bei der dort beschriebenen Einrichtung ist ein Kondensator als Energiespeicher für die Ansteuerung des Feldeffekttransistors vorgesehen. Dadurch wird eine zusätzliche Spannung zur Ansteuerung des Feldeffekttransistors, deren Potential oberhalb der Versorgungsspannung liegen muß, vermieden. Die Einstellung der Schaltgeschwindigkeit, also sowohl der Spannungs- und der Stromteilheit, erfolgt über einen Widerstand und kann nur gemeinsam eingestellt werden. Der verwendete Kondensator hat keinen Einfluß auf die abgestrahlten und die leitungsgebundenen Störungen.

## Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Steuereinrichtung für einen elektrischen Verbraucher der eingangs genannten Art die leitungsgebundenen und die abgestrahlten Störungen zu minimieren.

## Vorteile der Erfindung

Die für die elektromagnetische Verträglichkeit besonders kritische Stromteilheit kann verringert werden, ohne daß die Spannungsstellheit gleichzeitig verringert werden muß. Mittels eines zusätzlichen passiven Bauelements pro Feldeffekttransistor wird das Schaltverhalten der Feldeffekttransistoren so verändert, daß nur noch eine sehr geringe Störungsstrahlung abgegeben wird.

Zusätzliche Leitungsfilter und Drosselspulen und damit Kosten können eingespart werden. Des weiteren können Glättungskondensatoren der Versorgungsspannung in Anzahl und Kapazität reduziert werden. Die Einrichtung kann bei allen Arten von MOS-Feldeffekttransistoren verwendet werden.

## Zeichnungen

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Stromlaufplan einer Ausführungsform und

Fig. 2 verschiedene Strom- und Spannungswerte über der Zeit aufgetragen.

Im folgenden soll die erfindungsgemäße Steuereinrichtung am Beispiel einer H-Halb-Brücken-Schaltung beschrieben werden. Die Erfindung ist nicht auf diese Anwendung beschränkt, sie kann bei allen Schaltungen eingesetzt werden, bei denen ein Verbraucher, insbesondere ein induktiver Verbraucher in Reihe mit einem Schaltmittel zwischen einer Versorgungsspannung und

Masse geschaltet ist. Solche induktive Lasten, wie beispielsweise Gleichstrommotoren oder Magnetventile, können beispielsweise als Stellglieder in Kraftfahrzeugen eingesetzt werden. Die dargestellte Erfindung ist aber nicht auf diese Anwendung beschränkt. Sie kann bei beliebigen induktiven Lasten eingesetzt werden.

In Fig. 1 ist mit 100 eine induktive Last bezeichnet. Diese steht über eine Reihenschaltung aus einem ersten Schaltmittel 110 und einem Ohmschen Widerstand 115 mit Batteriespannung  $U_{\text{Batt}}$  in Verbindung. Der Ohmsche Widerstand 115 steht für den parasitären ohmschen Widerstand der Last 100. Über ein zweites Schaltmittel 120 steht die Last mit Masse in Verbindung.

Des weiteren steht der Verbindungspunkt zwischen dem induktiven Verbraucher 100 und dem zweiten Schaltmittel 120 mit der Anode einer Diode 130 in Verbindung. Die Kathode der Diode 130 ist ebenfalls mit Batteriespannung  $U_{\text{Batt}}$  verbunden. Der Verbindungspunkt zwischen dem ersten Schaltmittel 110 und dem Widerstand 115 ist mit der Kathode einer Diode 135 verbunden. Die Anode der Diode 135 steht mit Masse in Verbindung.

Zwischen Batteriespannung und Masse ist ein Kondensator 140 geschaltet. Der Verbindungspunkt zwischen dem ersten Schaltmittel 110, der Batteriespannung  $U_{\text{Batt}}$  und der Kathode der Diode 130 wird mit Knoten A und der Verbindungspunkt zwischen Anode der Diode 135, dem zweiten Schaltmittel 120 und Masse wird mit Knoten B bezeichnet.

Die Schaltmittel 110 und 130 sind vorzugsweise als Feldeffekttransistoren realisiert. Das Schaltmittel 110 wird über einen Widerstand 156 von einem Ansteuermittel 200 mit einer Ansteuerspannung  $U_{\text{st}}$  beaufschlagt. Zwischen dem Verbindungspunkt zwischen Widerstand 156 und dem Gate-Anschluß des ersten Schaltmittels 110 sowie dem Source-Anschluß des Schaltmittels 110 ist ein Kondensator 158 geschaltet. Entsprechend wird das zweite Schaltmittel 120 über einen Widerstand 152 und einen Kondensator 154 von dem Ansteuermittel 200 mit einer Ansteuerspannung  $U_{\text{st}}$  beaufschlagt.

Eine solche Schaltung wird üblicherweise als H-Halb-Brücken-Schaltung bezeichnet. Sie dient üblicherweise als Leistungsendstufe für induktive Lasten z. B. für Gleichstrommotoren oder Magnetventile. Die Gate-Anschlüsse der Feldeffekttransistoren 110 und 120 werden üblicherweise mit einer rechteckförmigen Ansteuerspannung  $U_{\text{st}}$  synchron angesteuert.

Diese Ansteuerspannung  $U_{\text{st}}$  wird von dem Ansteuermittel 200 bereitgestellt. Als Ansteuermittel 200 wird üblicherweise ein Microrechner oder eine analoge Schaltung eingesetzt. Diese Ansteuermittel bestimmt die Ansteuerspannung abhängig von verschiedenen Betriebsbedingungen. Wird die Einrichtung zur Festlegung der eingespritzten Kraftstoffmenge verwendet, so verarbeitet das Ansteuermittel beispielsweise ein Kraftstoffmengensignal. Desweiteren kann das Ansteuermittel 200 auch Regler umfassen, die den Mittelwert des Stroms und/oder den Mittelwert der Spannung an der Last auf Sollwerte einregelt.

Sind die Feldeffekttransistoren durchgeschaltet, fließt ein Strom  $I_L$  vom Knoten A durch den Feldeffekttransistor 110, den Widerstand 115, die Induktivität 100 und den FET 120 zum Knoten B. Sperren die Feldeffekttransistoren, so fließt ein Freilaufstrom  $I_L$  von dem Knoten B durch die Diode 135, die Induktivität 100, den Widerstand 115 und die Diode 130 zum Knoten A. Während die Transistoren durchgeschaltet sind, steigt der Strom  $I_L$  an. Sperren die Transistoren nimmt der Strom  $I_L$  über

der Zeit ab.

Ist die Zeitkonstante  $T = L \cdot R$  der induktiven Last und deren Ohmschen Widerstand wesentlich größer als die Periodendauer des Ansteuersignals  $U_{st}$ , so stellt sich ein nahezu konstanter Strom  $I_d$  ein. Der Mittelwert des Stromes  $I_d$  kann über den Tastgrad der rechteckförmigen Ansteuerspannung  $U_{st}$  eingestellt werden. Der Kondensator 140 soll die Versorgungsspannung glätten und die leitungsgebundenen Störungen abblocken.

Durch Stromänderungen am Glättungskondensator 140 der Versorgungsspannung, der technologiebedingt eine parasitäre Reiheninduktivität besitzt, entstehen Störspannungen. Diese werden vor allem leitungsgebunden an das Bordnetz abgegeben.

Üblicherweise gelangt die Ansteuerspannung  $U_{st}$  über die Widerstände 156 und 152 an die Gate-Anschlüsse der Feldeffekttransistoren. Abhängig von den Widerständen verlängern sich die Schaltzeiten  $TU_{ds}$  der Drain-Source Spannung  $U_{ds}$  und die Schaltzeiten  $TI_d$  des Drain-Stromes  $I_d$ .

Im folgenden soll das zeitliche Verhalten der Steuerung anhand verschiedenen Strom- und Spannungswerte, die in der Fig. 2 aufgetragen sind, dargestellt werden. In Fig. 2a ist die Ansteuerspannung  $U_{st}$ , in Fig. 2b die Gate-Source-Spannung  $U_{gs}$ , in Fig. 2c die Drain-Source-Spannung  $U_{ds}$  und in Fig. 2d der Drain-Strom  $I_d$  aufgetragen.

In einer ersten Phase T1 nach Änderung des Ansteuersignals  $U_{st}$  steigt die Gate-Source-Spannung  $U_{gs}$  von 0 bis zu einer Threshold-Spannung  $U_{th}$  an. In dieser Zeitspanne T1 ändert sich weder die Drain-Source-Spannung  $U_{ds}$  noch der Drain-Strom  $I_d$ , die Schaltmittel 110 und 120 sind noch nicht leitfähig.

Im folgenden Zeitabschnitt T2 steigt der Drain-Strom  $I_d$  proportional zur Gatespannung  $U_{gs}$ , entsprechend der Stromsteilheit des Feldeffekttransistors an. Dabei gilt die Beziehung:

$$I_d = g \cdot (U_{gs} - U_{th})$$

Hierbei ist  $g$  die Stromsteilheit des Feldeffekttransistors,  $I_d$  der Drain-Strom und  $U_{gs}$  die der Gate-Source-Spannung. Die Zeitspanne T2 entspricht der Schaltzeit des Drain-Stroms  $TI_d$ . Die Drain-Source-Spannung  $U_{ds}$  bleibt unverändert, dies beruht auf der Halb-Brücken-Schaltung.

Auf Grund der Induktivität der Last ändert sich die Spannung an der Last erst wenn der Strom durch die Dioden 130 und 135 zu Null geworden ist.

Während des dritten Zeitabschnitts T3 und des vierten Zeitabschnitts T4 fällt die Drain-Source-Spannung  $U_{ds}$  auf eine Restspannung. Die Restspannung ergibt sich aus dem Produkt des Drainstromes  $I_d$  mit dem Bahnwiderstand  $R_{DS}$  zwischen Drain und Source des Feldeffekttransistors. Dabei bleibt die Gatespannung  $U_{gs}$  konstant, da der gesamte Gatestrom  $I_g$  benötigt wird, um die veränderlichen Kapazitäten  $C_{DG}$  zwischen Gate und Drain und zwischen Gate und Source  $C_{GS}$  um bzw. aufzuladen. Der Knick im Spannungsverlauf der Drain-Spannung zwischen dem dritten und vierten Zeitabschnitt entsteht, wenn das Drainpotential unter das Gatepotential abfällt. Die Summe des dritten und vierten Zeitabschnitts entspricht der Schaltzeit  $TU_{ds}$  der Drain-Source-Spannung.

Im fünften Zeitabschnitt T5 steigt die Gatespannung weiter bis auf den Maximalwert an. In dieser Phase reduziert sich der Bahnwiderstand  $R_{DS}$  des Feldeffekttransistors weiter.

Der Ausschaltvorgang verläuft entsprechend, in umgekehrter Reihenfolge ab.

Durch die Verringerung der Spannungssteilheit  $DU_{ds}/Dt$  und der Stromsteilheit  $DI_d/Dt$  können die Störpegel reduziert und die spektrale Verteilung der Störungen verändert werden. Die Spannungssteilheit  $DU_{ds}/Dt$  beeinflusst im wesentlichen die Abstrahlung über die Lastleitung und die Stromsteilheit  $DI_d/Dt$  beeinflusst im wesentlichen leitungsgebundene Störungen.

Die Schaltzeiten  $TU_{ds}$  und  $TI_d$  stehen in einem festen Verhältnis. Werden größere Widerstandswerte für die Widerstände gewählt, so verlängern sich die Schaltzeiten  $TI_d$  und  $TU_{ds}$ . Dies bedeutet die Stromsteilheit und die Spannungssteilheit nimmt ab, was eine Reduktion der Störungen bewirkt. Nachteilig ist, daß die Schaltzeit des Magnetventils sowie die Verlustleistung zunimmt. Die Verlustleistung ist im wesentlichen proportional zu der Gesamtschaltzeit  $(TU_{ds} + TI_d)$ , der anliegenden Spannung  $U_{ds}$  und dem Strom  $I_d$ . Die Gesamtschaltzeit entspricht der Zeitdauer der Zeiträume T2, T3 und T4. Eine Verlängerung der Schaltzeit bewirkt eine höhere Verlustleistung.

Die Widerstände 156 und 152 beeinflussen den zeitlichen Verlauf der Gatespannung  $U_{gs}$  während des gesamten Schaltvorganges. Bei größeren Widerstandswerten der Widerstände 152 und 156 verlängern sich alle Zeiträume T1 bis T5.

Der Gatespannung  $U_{gs}$  ändert sich über den Zeitraum T1, T2 und T5. Die Länge dieser Zeiträume bestimmt die Spannungssteilheit  $DU_{gs}/Dt$ . Je länger die Zeiträume T1, T2 und T5 sind, um so geringer ist die Spannungssteilheit. Der Drain-Strom  $I_d$  ändert sich über den Zeitraum T2. Die Länge dieses Zeitraums bestimmt die Stromsteilheit  $DI_d/Dt$  je länger der Zeitraum T2 ist, um so geringer ist die Stromsteilheit.

Die Kondensatoren 154 und 158 beeinflussen nur die Länge der Zeiträume in denen sich die Gatespannung  $U_{gs}$  ändert. Dies bedeutet, die Dauer der Zeiträume T1, T2 und T5 hängen von den Kapazitäten der Kondensatoren 154 und 158 ab. Je höher die Kapazitäten der Kondensatoren sind, desto länger werden diese Zeiträume.

Der Drain-Strom  $I_d$  ändert sich lediglich über den Zeitraum T2. Die Länge dieses Zeitraums bestimmt die Stromsteilheit  $DI_d/Dt$ . Je länger der Zeitraum T2 ist, um so geringer ist die Stromsteilheit.

Durch Verändern der Gatevorwiderstände 152 und 156 läßt sich die Spannungssteilheit  $DU_{ds}/Dt$  und die Stromsteilheit  $DI_d/Dt$  gemeinsam beeinflussen. Mit größeren Widerstandswerten wird die Spannungssteilheit und die Stromsteilheit verringert. Gleichzeitig wird aber die Verlustleistung vergrößert.

Durch Verändern der Kondensatoren 154 und 158 läßt sich die Stromsteilheit  $DI_d/Dt$  separat beeinflussen. Mit größeren Kapazitäten kann der Zeitraum T2 verlängert werden, ohne daß die Zeiträume T3 und T4 beeinflusst werden. Somit lassen sich kleinere Stromsteilheiten bei konstanter Spannungssteilheit erzielen.

Die Kapazität der Kondensatoren 154 und 158 wird vorzugsweise abhängig von der gewünschten Stromsteilheit und der Source-Gate-Kapazität  $CGS$  gewählt. Die Source-Gate-Kapazität  $CGS$  variiert zwischen den einzelnen Typen von Feldeffekttransistoren, sie liegt üblicherweise in der Größenordnung von 150 bis 500 Picofarad. Die Kapazität der Kondensatoren 154 und 158 liegt vorzugsweise zwischen 10 und 40 nF (Nanofarad).

Durch verringern der Stromsteilheit können insbesondere die kritischen leitungsgebundenen Störungen

reduziert werden.

Erfindungsgemäß kann durch Parallelschalten der Kondensatoren 152 und 156 zwischen Gate und Source der Feldeffekttransistoren die Schaltzeiten  $TI_d$ , dies bedeutet der Zeitraum T2 verlängert werden, ohne daß die Zeiträume T3 und T4 und damit die Schaltzeit  $TU_{ds}$  verlängert werden. Die Schaltzeiten  $TU_{ds}$  und  $TI_d$  lassen sich unabhängig voneinander einstellen. D. h. das Verhältnis  $TU_{ds}/TI_d$  ist bei der dargestellten Anordnung variabel.

Da der Einfluß der Schaltzeit  $TI_d$  einen wesentlich größeren Einfluß auf die leitungsgebundenen und abgestrahlten Störungen besitzt, kann mittels der erfindungsgemäßen Einrichtung die Störungen, durch ein variabel gewordenes Verhältnis zwischen Spannungs- und Stromsteilheit bei der gleichen Verlustleistung wesentlich stärker reduziert werden, als bei einer Einrichtung die lediglich Widerstände umfaßt.

#### Patentansprüche

1. Steuereinrichtung für einen elektrischen, insbesondere einen induktiven Verbraucher, mit einem in Reihe zum Verbraucher liegenden Schaltmittel, insbesondere einem Feldeffekttransistor, einem Ansteuermittel zur Beaufschlagung des Schaltmittels mit einer Ansteuerspannung, gekennzeichnet durch ein erstes Mittel (152, 156), mit dem die Stromsteilheit und die Spannungssteilheit einstellbar ist, sowie einem zweiten Mittel (154, 158), mit dem die Stromsteilheit einstellbar ist.
2. Steuereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem ersten Mittel (152, 156) die Stromsteilheit und die Spannungssteilheit gemeinsam und mit dem zweiten Mittel (154, 158) die Stromsteilheit separat einstellbar ist.
3. Steuereinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als erstes Mittel ein Ohmscher Widerstand verwendet wird, der mit dem Gate-Anschluß des Feldeffekttransistors und dem Ausgang des Ansteuermittels verbunden ist.
4. Steuereinrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als zweites Mittel ein Kondensator verwendet wird.
5. Steuereinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator zwischen dem Gate-Anschluß und einem der weiteren Anschlüsse, insbesondere dem Source-Anschluß des Feldeffekttransistors, geschaltet ist.
6. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kapazität des Kondensators wenigstens von der gewünschten Stromsteilheit und/oder der Gate-Source-Kapazität abhängt.
7. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator eine Kapazität von ca. 10 bis 40 nF aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

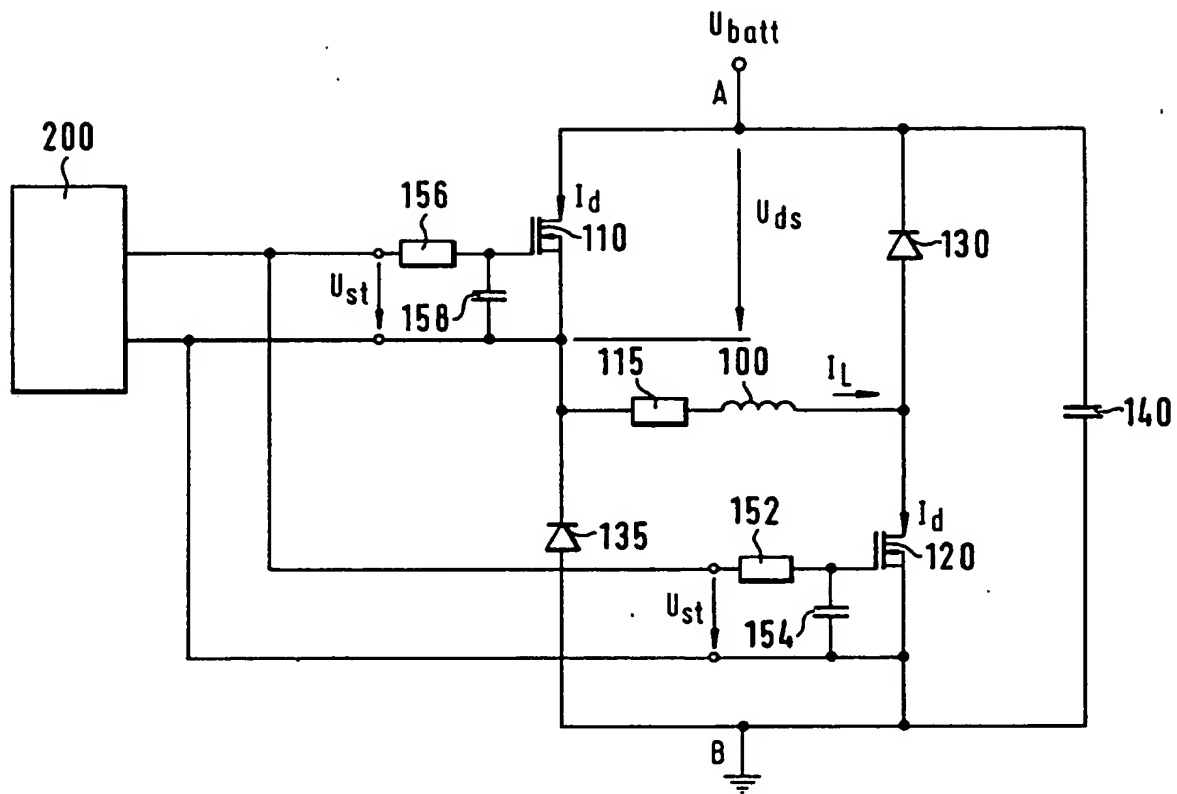


FIG. 1



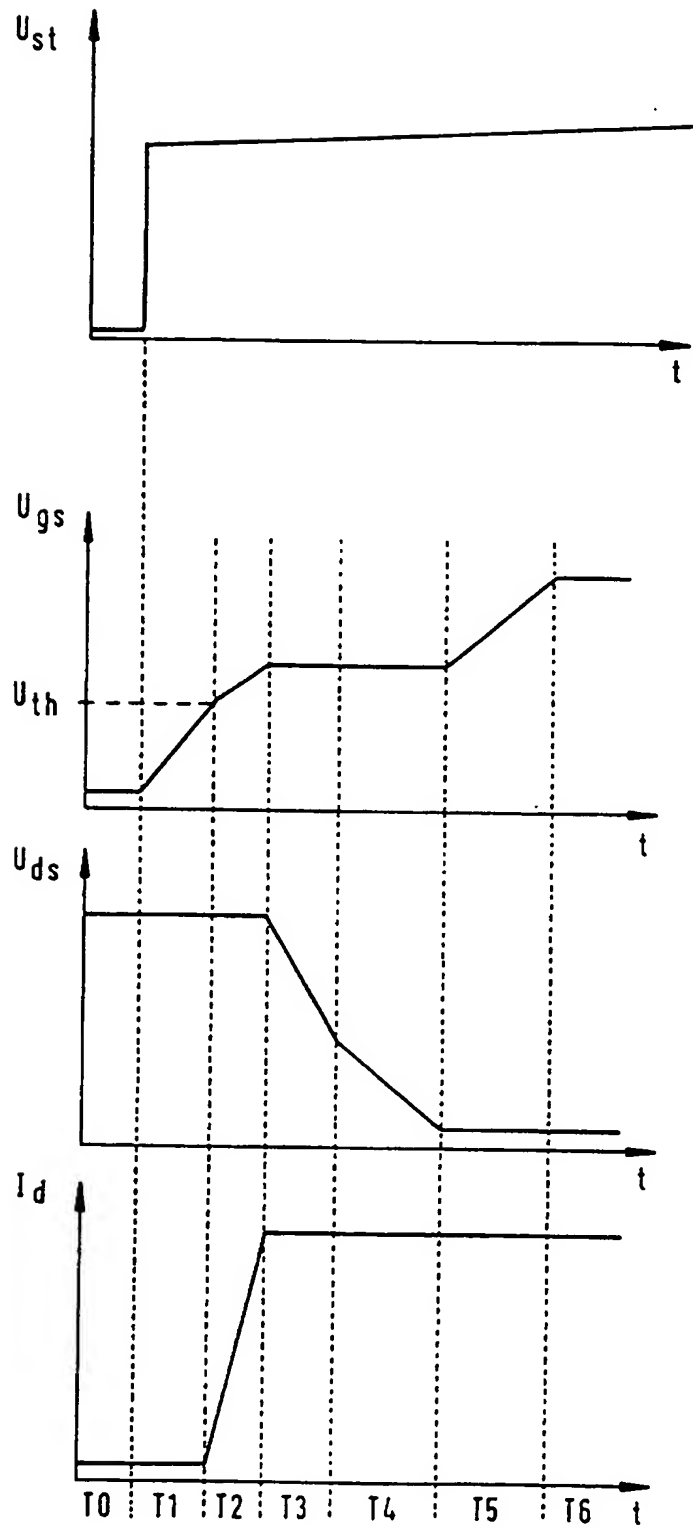


FIG. 2